O IMPACTO SÓCIO-ECONÔMICO DAS BIOTECNOLOGIAS UMA PERSPECTIVA INTERNACIONAL

BERNARDO SORJ[1], ODACIR CORADINI[2], DAVID GOODMAN[3], MALORI POMPERMAYER[4] e JOHN WILKINSON[5]

RESUMO - O trabalho apresenta uma visão de conjunto do desenvolvimento das biotecnologias ao nível internacional, particularmente nos países avançados. Na parte final procura-se localizar a importância deste setor para o futuro econômico dos países em desenvolvimento, particularmente do impacto no comércio internacional. Procura indicar particularmente as modificações que as biotecnologias terão sobre a estrutura industrial, especialmente a tendência à unificação dos setores químico, farmacêutico, alimentar e agrícola.

1 Ph.D. em Sociologia, Pesquisador Senior do Instituto de Relações Internacionais da Pontífícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rua Marques de São Vicente, 225 - 22453 Gávea, RJ.

2 MA em Ciências Políticas, Doutorando em Antropologia pelo Programa de Antropologia Social, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Quinta da Boa Vista, RJ.

3 Ph.D em Economia, Professor do Departamento de Economia Política da University College, Londres, Inglaterra.

4 Ph.D. em Ciências Políticas, Professor do Departamento de Ciências Políticas da Universidade Federal de Minas Gerais. Rua Carangola, 288 - 30000 Belo Horizonte, MG.

5 Ph.D. em Sociologia, Professor do Centro de Pós-graduação em Planejamento e Desenvolvimento Agrícola (CPPDA). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, Itaguaí, RJ.

Cad. Dif. Tecnol., Brasília, 1(2):219-244, maio/agosto 1984

THE SOCIO-ECONOMIC IMPACT OF BIOTECHNOLOGIES
AN INTERNATIONAL PERSPECTIVE

ABSTRACT - This work presents a picture of the development of biotechnologies on the international level, particularly in the developed countries. It attempts to ascertain the importance of this sector for the economic future of developing countries, particularly with regard to the economic impact on international trade, as well as the effects biotechnologies will have on the industrial structure, especially concerning the tendency toward unification of the chemical, pharmaceutical, food, and agricultural sectors.

INTRODUÇÃO

A atual crise econômica pela qual passa a economia mundial traz no seu bojo um profundo processo de reestruturação industrial que tem nas tecnologias de ponta um de seus alicerces. As relações entre as novas tecnologias e os países em desenvolvimento colocam muitas perguntas e novos desafios. Uma simples imitação dos países avançados, além de impossível, só levaria a aprofundar nossa dependência. Ignorar, porém, os novos avanços ou pensar que é possível um desenvolvimento nacional a partir de uma tecnologia própria, seria, igualmente, enganoso. As novas técnologias modificam as condições de competitividade internacional e transformam as condições da divisão mundial do trabalho, introduzindo novos produtos - veja-se, por exemplo, o peso crescente dos serviços de intercâmbio internacional - como elimina outros - em particular matérias primas produzidas pelo Terceiro Mundo.

As conseqüências, porém, não são somente "externas". As estratégias das empresas multinacionais se modificam afetando as posições de suas filiais. Numa economia internacionalizada como a brasileira, a compreensão do movimento do capital industrial estrangeiro localizado no País passa pela compreensão das transformações em curso nas empresas matrizes.

Assim, o tema das novas tecnologias representa um campo central para a reflexão sobre o futuro da sociedade brasileira. É importante, portanto, realizar um esforço que vai além do deslumbramento perante as maravilhas das novas tecnologias ou de uma pura rejeição por se tratar de algo forâneo. As ciências sociais no Brasil, acreditamos, devem ter uma preocupação maior por este tema, que além de dar uma base objetiva para um esforço interdisciplinar conjunto com os nossos co-

legas das ciências naturais, obriga a pensar criativamente as transformações nos países avançados.

No Brasil, o tema da informática tem recebido relativa atenção, o que não acontece com o das biotecnologias, cujo impacto em vários campos é comparável com o da informática. O melhor conhecimento das biotecnologias deve se dar, inclusive, a partir de um esforço de reflexão onde as tecnologias de ponta sejam consideradas e estudadas como um conjunto em constante integração. Não é suficiente esforços isolados de promoção de certos campos das tecnologias avançadas; elas hoje conformam um grupo em crescente unificação, seja em termos científicos, tecnológicos ou industriais.

Este trabalho é um esforço preliminar de prospecção dos efeitos econômicos e sociais, atuais e potenciais das biotecnologias. A leitura deste trabalho deve ser realizada levando em consideração seu caráter preliminar, assim como o fato de se tratar de um campo novíssimo e em constante mudança, onde períodos curtos (meses até) podem significar importantes transformações tanto ao nível científico e tecnológico como industrial.

I PARTE – AS BIOTECNOLOGIAS

Definições do campo

A definição das biotecnologias apresentada recentemente pela Organization for Economic Cooperation and Development - OECD como sendo "A aplicação de princípios científicos e de engenharia ao processamento de materiais através de agentes biológicos para prover bens e serviços", sendo que agentes biológicos "... se refere a um amplo espectro de catalisadores biológicos, mais particularmente, microorganismos, enzimas e células animais e vegetais" (Bull et al. 1982) nos parece suficientemente adequada, embora algumas pessoas a considerem ampla demais (Chesnais 1982). E importante lembrar, tema sobre o qual voltaremos posteriormente, que os agentes biológicos agem sobre uma matéria-prima, em geral biomassa, mas também hidrocarburos ou outros produtos químicos, embora seu produto final seja de caráter biológico.

Do ponto de vista científico, o conjunto de ciências que se relacionam às biotecnologias são as mais variadas, sobressaindo a microbiologia e a genética, porém,

intervém, igualmente, a zoologia, a engenharia química, a biofísica, a engenharia enzimática, a agronomia, a ecologia, a botânica e outros.

Do ponto de vista do processo técnico, segundo Rosnay (1981), as biotecnologias são o conjunto de técnicas, métodos e procedimentos que permitem acelerar e facilitar as bio-conversões e a realização e utilização eficaz de biocatalisadores. Sendo que a bio-conversão é conversão química realizada por organismos vivos, o biocatalisador é uma substância produzida por células vivas, geralmente enzimas, capaz de acelerar certas reações químicas de maneira específica (Rosnay 1981). Dentro das biotecnologias de apoio são particularmente importantes as técnicas eletrônicas e de engenharia que permitem a construção e regulagem dos bioreatores, de forma a permitir a extração e purificação dos produtos. Dentro deste contexto, as bio-indústrias são aqueles setores que se utilizam de biotecnologias, isto é, das possibilidades industriais de agentes biológicos. Biotecnologia envolve a aplicação integrada de bioquímica, microbiologia e processa a engenharia química em microorganismos e outros sistemas biológicos a fim de possibilitar sua utilização em processos industriais de larga escala (Rothman 1980).

Do ponto de vista mais genérico possível, as biotecnologias devem ser vistas como a utilização do conjunto de conhecimentos úteis que permitem intervir sobre a matéria viva dentro das condições de produção industrial. Na atualidade, esta utilização industrial se concentra em particular na utilização de microorganismos. Do ponto de vista industrial, o privilegiamento dos microorganismos se encontra no fato que estes, em condições dadas, podem se reproduzir em vinte minutos, o que significa a possibilidade de produzir um milhão de descendentes em sete horas (Polissolo 1981). Desta forma, a indústria passa a eliminar as barreiras ao processo industrial presente nos animais e plantas superiores. Além da exploração industrial dos microorganismos, as biotecnologias atuam também no campo das células e tecidos animais e vegetais e seus componentes.

Finalmente, devemos mencionar a engenharia genética que, em termos de divulgação científica, muitas vezes se confunde com a biotecnologia no seu conjunto. A engenharia genética constitui uma série de métodos que permitem introduzir em microorganismos uma séria de informações genéticas retiradas de outra espécie, permitindo à célula receptora a capacidade de sintetizar uma molécula totalmente nova, posteriormente reproduzida em grande escala pelas biotecnologias. Desta forma, o homem, por meio da aplicação de conhecimentos e técnicas de manipulação pode recriar organismos inexistentes na natureza, conferindo-lhes características desejadas de acordo com objetivos determinados, produzindo organismos que, por seleção

e escolha natural, poderiam levar anos para serem encontrados. Engenheria genética é a capacidade de executar manipulações genéticas para produzir microorganismos para fins industriais. Pode-se, deste modo, produzir microorganismos com novas capacidades e aumentar a eficiência de um organismos ou sua capacidade produtiva e, com isto, sua competitividade econômica. A tecnologia de DNA recombinante pode influenciar ambos - o produto e produtividade de microorganismos.

Temos, portanto, que as biotecnologias implicam em diferentes estágios de produção e renovação científica e tecnológica. Três grandes campos podem ser identificados:

1) a obtenção de micróbios e tecidos celulares da maior adequação e resistência possíveis. Neste campo, a engenharia genética representa a técnica com maior potencial;

2) a tecnologia de controle do meio de crescimento e fermentação. Os métodos de imobilização de enzimas, seja com suporte fixo de membranas, são na atualidade o campo de maiores avanços, permitindo a produção contínua, custos menores e rendimento superior;

3) a tecnologia de controle que permite processos automatizados e contínuos de fermentação até a separação do produto final.

As Aplicações

Os campos de maior aplicação das biotecnologias são: 1) saúde humana; 2) alimentação, agricultura e horticultura e 3) energia, matérias primas, química e meio ambiente.

Saúde

No domínio da saúde humana, os antibióticos - compostos químicos que têm a capacidade de inibir o crescimento de microorganismos, sendo os agentes anti-infecciosos mais utilizados na atualidade - são o campo privilegiado da aplicação atual das biotecnologias. Porém, hoje já está em plena evolução e utilização a produção de vacinas, hormônios, interferon e vitaminas por meio de biotecnologias, em particular pelo uso da engenharia genética. A pesquisa tecnológica trouxe também um aumento geral no conhecimento dos processos imunológicos, inclusive o câncer. A quími-

ca fina é um dos setores que hoje se encontra mais transformado pelos efeitos das biotecnologias. As perspectivas de novos produtos importantes neste setor são:

1985 - produção microbial de insulina humana;
1987 - Interferona para tratamento de câncer;
1988 - Interferona como anti-vírus;
1989 - Interferona para enfermidades anti-inflamatórias;
1990 - Hepatitis B, vacinas;
1990 - Hormona do crescimento humano.

A utilização das biotecnologias para o meio ambiente é igualmente central no caso de limpeza de esgotos, lixo urbano e industrial. Uma aplicação importante da biotecnologia é o uso de bactérias para reciclagem de lixo e controle de poluição. Assim, deve-se mencionar que a própria bio-indústria, especialmente quando se utiliza de biomassas agrícolas, pode também ser poluente. A biotecnologia está sendo testada para permitir a extração de petróleo através de microorganismos que permitam forçar a saída do hidrocarburo dos poços.

Alimentos

No campo da produção alimentar, as aplicações incluem desde Single Cell Protein - SCP cultivo de microorganismos monocelulares a partir de um substrato de petróleo ou biomassa renovável - até aditivos para alimentos e substitutos. Neste campo é particularmente importante o conjunto de experiências de produção de proteínas a partir de fungos, folhas de árvores e algas. Até agora SCP tem concorrido apenas para alimentação de animais, mas a busca continua no sentido de encontrar métodos microbiais para produzir proteína apropriada para consumo humano. O estudo levado a cabo pela empresa GENEX para a "United States Office of Technological Assessment" nota as possibilidades de substituição potencial de SCP em alimentos, mas observa que SCP não será amplamente utilizado até que seu custo se torne mais competitivo com aquele das fontes tradicionais de proteína.

No campo da alimentação, as aplicações incluem a fermentação para uso comercial empregando microorganismos modificados artificialmente, que permitirão o aumento do uso de fontes renováveis utilizando biomassa para sintetizar produtos químicos orgânicos; no processamento de alimentos, a aplicação da genética molecular permitirá a transformação de biomassas não digeríveis em microorganismos

com alto conteúdo de proteína e de uso alimentar (SCP) e a produção de artigos tais como o aspartame e a fructose, substitutos do açúcar.

Biomassa e Química

O grande desafio enfrentado pela biotecnologia é o desenvolvimento de métodos, ambiental e economicamente eficientes, para a conversão de biomassa em químicos, combustíveis e alimentos. Produtos naturais como amido e sacarose são reservas potenciais importantes de matérias primas para a indústria química, na medida em que podem ser convertidos em muitos outros produtos.

Dos dois tipos de álcool (etanol e metanol) produzidos a partir da biomassa, o etanol é o mais usual. Dentre as diversas aplicações, a mais comum é seu uso como substituto (em forma de mistura ou total) de gasolina. Também é utilizado como substituto de etileno, produto intermediário chave para a indústria química.

A tecnologia de grande escala na produção de álcool de biomassa tinha se desenvolvido pouco nas últimas décadas, existindo pouca experiência acumulada na utilização dos diferentes tipos de biomassa. Na atualidade, na maioria dos países se trata de uma indústria protegida e cuja viabilidade a curto prazo é limitada (Bungay 1982).

Agricultura

A biotecnologia terá importantes impactos na agricultura. Técnicas de cultura de tecidos têm sido chamadas de "equivalentes biológicos do Laser" (Bollinger 1980) e existem muitas possibilidades de sua aplicação na agricultura, criação de animais, florestas e aquacultura.

Na agricultura, os campos mais promissores de aplicação das biotecnologias incluem os métodos de fixação de nitrogênio, pesticidas biológicos, sementes melhoradas e valorização do lixo agrícola. A aplicação da biotecnologia para aperfeiçoamento de plantas, especialmente através de células, cultura de tecidos e engenharia genética, representa um novo caminho de pesquisa. O progresso em células de plantas e cultura de tecidos é essencial para a engenharia genética por ser utilizada para o aperfeiçoamento de plantas maiores. Nestas, as células devem ser modificadas, multiplicadas e regeneradas para dar lugar à planta toda. Estes elementos são modificados depois, na planta desenvolvida, e retidos para futuras gerações. Como

Swaminathan (1982) observa, "modificação de células únicas é o objetivo da investigação para microorganismos, mas é também o primeiro passo para plantas maiores". Permanecem muitos problemas para serem resolvidos antes que células, culturas de tecidos e engenharia genética possam ser aplicados a uma ampla gama de materiais e problemas. Porém, células de plantas e técnicas de cultura de tecido têm algumas aplicações imediatas para o melhoramento de plantas, inclusive a indução e seleção de mutantes utilizáveis ao nível celular, cultura de embrião para hibridização, cultura de pólen para reduzir o tempo de alimentação e fusão protoplástica para hidrização interespecífica e intergenética.

As novas sementes poderão ter maior resistência e salinidade, menor consumo de água, de fertilizantes e de pesticidas. Entre os avanços que se esperam na agricultura, os mais importantes são: a tansferência de resistência de uma espécie para outra, a criação de espécies totalmente novas pela fusão de células de gens diferentes e o crescimento de células e sua maturação em plantas através do uso de cultura de tecidos (**tissue culture**), e a fixação de bactérias em sementes que aumentarão a capacidade de fixar nitrogênio.

No campo de melhoramento animal, espera-se avanços através de inseminação artificial acoplada à tecnologia de transferência de embrião e regulação do ciclo do cio e, no futuro, com tecnologia determinadora do sexo e a estimulação à indução do maior número de ovários fertilizados.

A fixação biológica de nitrogênio constitui uma das mais promissoras áreas da pesquisa biotecnológica para a agricultura e trará potencialmente uma redução no consumo de fertilizantes químicos. Usando técnicas de engenharia genética, pesquisas estão em andamento para se estabelecer métodos que permitam a incorporação de gens de fixação de nitrogênio em plantas que não têm esta capacidade, especialmente cereais. Os custos crescentes de fertilizantes artificiais têm despertado a atenção para culturas que fixam seu próprio nitrogênio e particularmente, para as mais eficientes destas culturas, os legumes, que formam uma relação simbiótica com a bactéria do solo - *Rhizobium* - encapsulando-as nos módulos das raízes. Uma pesquisa recente em ICRISTA com superlinhagens de *Rhizobium* alimentou espetacularmente a fixação de nitrogênio em legumes. O trabalho acelerará, mas o sucesso em incorporar sistemas de fixação de nitrogênio em grãos de cereais nos anos 80 é pouco provável. A escala ambiciosa desta empreitada para incorporar genes fixadores de nitrogênio em cereais através da engenharia genética pode ser ilustrada pelo caso do arroz. "Pelo menos 17 genes estão envolvidos no sistema de fixação de nitro-

gênio, mas ainda não se conhece se a manipulação de tão amplo número de genes é possível" (Swaminathan 1982).

Os pesticidas biológicos são vistos, igualmente, como uma resposta tanto aos custos energéticos dos pesticidas sintéticos como às questões de defesa do meio ambiente. Esta área de pesquisa inclui também o desenvolvimento de controle biológico de plantas patogênicas através do aumento e conservação de inimigos naturais (como oposto ao controle biológico obtido por manipulação humana), (Batra 1982; Adkisson et al. 1982). Nos últimos 10 anos muitos esforços têm sido gastos em químicos que imitam a ação de produtos naturais, tais como piretóides sintéticos e sex-feronas que provocam disrupção de acasalamento. O papel de fatores químicos nas relações plantas-insetos e patogênicos, indubitavelmente receberá maior ênfase na própria década, na medida em que programas de cultura de plantas produzam novas variedades de culturas resistentes (Brady 1982).

As Origens

Num sentido amplo as biotecnologias existem desde o começo da civilização. A fermentação para a produção de vinhos, queijos e leveduras é conhecida desde a remota antigüidade. Se trata de localizar, portanto, a biotecnologia contemporânea em relação à aplicação de conhecimento científico e uso industrial.

Desde o ponto de vista científico, a moderna biotecnologia está ligada aos trabalhos de Pasteur, que foram rapidamente utilizados pela indústria alimentar, assim como pela indústria farmacêutica e hospitalar. A partir de fins do século passado, é produzida artificialmente na Europa a levedura para a preparação de cerveja. Em 1918 se produz por fermentação a acetona e o butano, utilizados para a produção de explosivos e, posteriormente, de ácido cítrico. Em 1940 é descoberto o antibiótico. Ao mesmo tempo, avança a pesquisa científica em microbiologia e os estudos dos mecanismos da reprodução da matéria viva. Em 1953 se descobre a estrutura do DNA, e, a partir daí, se avança na compreensão dos mecanismos de funcionamento do código genético, o que finalmente permitirá a recombinação genética **in vitro.**

Ao nível industrial a história da biotecnologia é menos unilinear. Como assinala Chesnais (1982) a utilização do petróleo em forma maciça e quase excludente nas últimas décadas, antes de 1973, levou à quase eliminação do uso de fontes alternativas de energia de origem vegetal, e à inibição da pesquisa nesta área. Esse

tipo de utilização, inclusive, chegou a ser importante em vários países durante as décadas de 30 e 40, porém, foram crescentemente abandonados. Assim, nos Estados Unidos o álcool etílico era uma fonte importante de energia; em 1946, 54% do álcool etílico nos Estados Unidos era produzido de grãos, produtos de grãos e melaço.

Com esta ênfase em hidrocarburos no setor químico, os setores farmacêuticos fornecem a base para o desenvolvimento de novas biotecnologias através da produção, nos anos 40, de penicilina e, posteriormente de outros antibióticos. Esta atividade resultou no conhecimento de métodos para melhorar a capacidade produtiva de microorganismos e de técnicas inovativas de engenharia química para monitorar e controlar o crescimento de células e formação de produtos. Estes desenvolvimentos interdisciplinares levaram à produção em larga escala de antibióticos, suplementos alimentícios e à racionalização e melhoramento de alguns processos tradicionais de fermentação (Chesnais 1982).

Na década de 60 foi a indústria farmacêutica, através da pesquisa antibiótica, que mais avançou neste setor. A pesquisa, porém, se manteve em geral dentro de padrões relativamente conservadores. Numa perspectiva de diferenciação de produtos. Dadas as barreiras à entrada de concorrentes na indústria farmacêutica, altamente oligopolizada, a situação era de conservação de mercados mais do que de inovação.

Chesnais (1982) identifica o início da inovação biotecnológica com o investimento em pesquisa e desenvolvimento e plantas piloto desde meados de 1960 para produzir proteína de célula única (Single Cell) de uma variedade de substratos (petróleo, gás natural, material agrícola, subprodutos de processamento de alimentos e de emanações (efluentes). As maiores firmas de óleos, petroquímicas e químicas lideram esta iniciativa, que lhes permitiu adquirir novos conhecimentos de processo de fermentação em larga escala e de seleção de microorganismos. Ocorreu atividade paralela também no final dos anos 60 com a aplicação em larga escala da tecnologia de enzimas para a oonversão de amidos em glucose e frutose (hidrólise enzimática e isomeração de enzimas). Nos anos 70, foram estabelecidos inúmeros projetos para produzir químicos, especialmente etanol, a partir de carboidratos, particularmente os derivados de cana-de-açúcar.

Todos estes desenvolvimentos ocorreram antes do advento da manipulação genética: a existência de tecnologia cientificamente fundamentada e de larga escala

industrial não deve ser identificada com a capacidade de se conseguir industrialmente manipulações genéticas desejadas. "A biotecnologia surgiu e se desenvolveu antes e existe independendentemente da capacidade de se produzir microorganismos apropriados. De igual modo, a capacidade de dominar tais procedimentos conduz a uma nova fase radical" (Chesnais 1982).

Grande parte da inovação de ponta é realizada a partir da pesquisa universitária e institutos de pesquisa não ligados à grande indústria. Por esta razão, Chesnais (1982) vê a engenharia genética como um exemplo claro de "avanço tecnológico". "O desenvolvimento de biotecnologia moderna, deve-se compreender, foi em certo sentido serendíptico. Milhares de pesquisadores seguiram seus próprios faros sem preconceitos. Suas maiores descobertas foram enzimas". Estas origens, por sua vez, influenciaram as estratégias adotadas pelos maiores grupos nas áreas de química, farmacêutica e alimentos procurando dominar os novos campos abertos pela moderna biotecnologia e adquirir interesses paritários em companhias envolvidas em pesquisa aplicada de alto risco, necessária para transformar os avanços tecnológicos em laboratórios para produtos comerciáveis. Exemplos de pequenas companhias de "alta tecnologia" usadas como "veículos consorciais" incluem Biogen, Genentech e Genex (Cantley & Sargeant 1982).

Na verdade, as biotecnologias vem ao encontro dos mais diversos fatores: a procura de mecanismos de luta contra a poluição, crise de preço e aprovisionamento de hidrocarburos e uma crise das indústrias química, farmacêutica e de insumos agroindustriais. Na última década estas indústrias passaram a sofrer uma degradação de rentabilidade devida aos rendimentos decrescentes da pesquisa, baixa rentabilidade de novos produtos e ao aumento de custos da inovação, em grande parte causados pela legislação que passou a exigir maior controle e tempo de experimentação de novos produtos. No caso de pesticidas, por exemplo, estima-se que os custos totais para desenvolver um novo produto, do teste em proveta ao mercado, mais do que dobraram desde 1972.

As pressões sobre o consumo de energia e, em menor medida, os problemas de poluição, atuaram no sentido de mobilizar o apoio dos governos a programas de pesquisa sobre a aplicação das biotecnologias que embora nem sempre estritamente rentáveis, respondiam às necessidades sociais e de procura estratégica de alternativas à dependência de fontes externas de abastecimento.

Na mesma década, o ramo químico estava começando a testar a produção de SCP a partir de hidrocarburos e gás. A crise do petróleo, porém, levou a desviar as

atenções para o uso de biomassa. O desenvolvimento da engenharia genética, acoplado à pressão crescente das críticas ecologistas, à poluição do meio ambiente, à crise energética que surgiu com a primeira crise do petróleo de 1973, e o avanço na procura de substitutos na indústria alimentar levou a biotecnologia ao lugar central em que se encontra hoje. A partir deste período ocorrerão, como veremos, investimentos maciços, particularmente estatais, mas também indústriais, em especial no campo do controle da poluição e da procura de fontes renováveis de energia.

II – OS AGENTES

A expansão das biotecnologias na última década e o fato de terem passado ao primeiro plano tanto nas prioridades de pesquisas governamentais como nos órgãos de divulgação e popularização científica deve-se, como foi visto, à sobreposição de uma série de fatores, que agirão conjuntamente no sentido do crescimento acelerado do mercado, da pesquisa e das empresas e órgãos públicos e privados agindo no setor.

O Mercado

As possibilidades abertas pelas biotecnologias e seu potencial econômico, tem dado lugar às mais variadas avaliações. Na atualidade, as avaliações do mercado esperado para as biotecnologias no ano 2000 vão de 40.000 a 500.000 milhões de dólares (Chesnais 1982). Embora se trate de predições confusas, pode-se ter uma idéia mais precisa através de uma avaliação do mercado atual dos produtos onde as biotecnologias podem atuar, o que permite obter uma idéia do seu potencial econômico.

Embora a utilização da biomassa para a produçao de energia seja um tema amplamente divulgado, é considerada por grande parte dos especialistas como um campo limitado da aplicação, à exceção de certos países. Na Europa, por exemplo, existe um certo consenso de que a biomassa como fonte de energia não é um substituto viável para os hidrocarburos[1]. Estas alternativas são encontradas na energia atômi-

[1] De acordo com Cantley, no ano 2000, dentro de uma visão otimista, somente 3% das necessidades energéticas da Europa serão supridas pela biomassa. No caso dos Estados Unidos, as previsões mais otimistas chegam a 10%.

ca e no carvão e seus subprodutos. Em geral, os autores enfatizam a utilização de outras fontes alternativas de energia para os países em desenvolvimento, em particular no que se refere a seu uso em pequena escala, pela elaboração das sobras agrícolas e animais. Em grande escala se coloca o perigo de abandonar as culturas alimentares pela produção de biomassa.

Na atualidade, a aplicação da biotecnologia em waste management (incluindo sistemas de esgotos) representa o maior volume e valor. Do ponto de vista deste critério o **waste management** é seguido pela cerveja, bebidas alcóolicas, queijos e vinhos. (Na química fina se calcula que até fim da década, 25% da produção será afetada pelas biotecnologias).

Indústria

As biotecnologias, como temos visto, incluem no seu seio os mais diversos ramos industriais. Não se pode, portanto, falar estritamente da bio-indústria como um ramo específico. Ainda assim, é possível prever algumas das conseqüências principais em termos de reestruturação industrial a partir do controle das novas formas de tecnologia. Os Estados Unidos, sobre o qual possuímos mais informações é o mais avançado tecnologicamente, conjuntamente com o Japão.

A maioria dos grandes centros de pesquisa em engenharia genética se formaram na década de 70 - e ainda estão em formação - como mostra a lista da página seguinte. Estes centros se originaram em grande parte sob a liderança de transfugas das grandes universidades americanas - em particular da Califórnia - e tiveram cotizações na bolsa rapidamente valorizadas. Esta valorização chegou a sofrer uma certa crise em 1981, quando o otimismo ilimitado sobre as aplicações imediatas da biotecnologia começa a ser questionada[2].

Estas empresas - de fato grandes laboratórios de pesquisa - estão passando por um processo de reestruturação, seja por compra do controle acionário, seja por contratos de pesquisa, de produção ou comercialização dos novos produtos, as grandes empresas petroquímicas e de outros setores passam a ter o controle. Assim, por exemplo, temos:

---

[2] Assim, por exemplo, se sobrestimou o potencial econômico da substituição da hormona porcina por hormona de recombinação genética.

GENENTECH – A produção industrial da insulina é feita pela Ely Lilly e a interferona por Hoffman la Roche. Parte das ações da empresa estão nas mãos de Monsanto e do Fluor, Corning Glass e um grupo japonês.

CETUS – 50% das ações estão nas mãos da Standard Oil da Indiana e da Standard Oil da Califórnia, sendo que a National Distillers & Chemical Corps. possue 10%.

BIOGEN – Tem participação acionária da Bristol Myers, a International Nichel Co., Monsanto, Grand Metropolitan, Sehering-Ploug.

GENEX – Participação do grupo Monsanto, do grupo farmacêutico Bristol Myers, do grupo Kopper et Innoverx.

As empresas ligadas às biotecnologias apresentam as mais variadas estratégias. Horwich (1982) distingue entre empresas pequenas com alto nível técnico, empresas grandes com muitos departamentos e mercados diversificados, e empresas gigantes que se acoplam ao Estado com o objetivo de produzir produtos específicos.

Ao nível dos laboratórios privados especializados em biotecnológias, Horwich (1982) diferencia diversas estratégias empresariais. Algumas se especializam em uma linha de pesquisa e produtos específicos, enquanto que outras procuram se expandir nas mais diversas áreas. Estas empresas de pesquisa, tendo laços financeiros e/ou contratuais com grandes empresas, fazem acordos com estas para desenvolver produtos determinados.

Ao nível das grandes empresas as estratégias também diferem. Assim, por exemplo, a Du Pont se utiliza fundamentalmente dos próprios laboratórios de pesquisa, abrangendo as áreas de agroindústria, saúde, fontes renováveis de energia e interferon. A Monsanto desenvolve sua capacidade interna, ao mesmo tempo em que se apoia em contratos com laboratórios especializados. A Lilly mantém uma política similar à Monsanto, porém se concentrando em menor número de produtos, particularmente a insulina humana, e está entrando na pesquisa sobre fotossíntese.

As grandes empresas ao mesmo tempo em que desenvolvem a capacidade de pesquisa própria realizam projetos conjuntos de pesquisa com universidades. Estas pesquisas assumem geralmente a forma de **condomínio** com outras empresas. Grandes companhias nos Estados Unidos e na Europa estão demonstrando crescente interesse em apoiar pesquisa científica básica, quer como fonte de idéias para novos

produtos e processos, quer como uma forma de treinar seus próprios quadros em novas técnicas de pesquisa. De fato, dificuldades anteriores em criar certas ligações entre a indústria e as universidades na Alemanha levou várias das maiores companhias químicas da Alemanha a financiar grupos de pesquisas nos Estados Unidos. Em 1980, por exemplo, Hoechst concordou em financiar um novo departamento de biologia molecular no Massachusetts General Hospital em Boston.

Decisões recentes de financiamento pelo Ministério Federal de Pesquisa e Tecnologia da Alemanha ilustram os esforços que vêem sendo feitos correntemente para reforçar o papel do "complexo acadêmico-industrial" para o desenvolvimento de biotecnologia (Dikson 1982). Uma ajuda de 7 milhões de dólares por 4 anos foi para o Instituto Max Planck para a pesquisa com plantas; e a Universidade de Colônia pretende acelerar as novas direções de pesquisa na biologia de plantas reveladas por técnicos de engenharia genética. Este apoio será reforçado por 5 milhões de dólares suplementares pela Bayer, que com isto capacitará seus próprios cientistas para colaborarem em projetos específicos de pesquisa. A firma ganhará com isto acesso e o conhecimento científico básico em fronteiras avançadas da pesquisa em genética de plantas. Um outro apoio federal à Universidade de Heidelberg de 6 milhões e 500 mil dólares por três anos apoiará pesquisa na regulação do Gene e em imunologia e será complementada por 2 milhões de dólares da gigantesca companhia química, BASF. As atividades da BASF, Hoechst e Bayer, três das maiores empresas químicas mundiais, dá ênfase a importância estratégica, como vêem a pesquisa científica básica, de modo a participar na gênese de novos produtos e processos em biotecnologia. Na Alemanha, em contraste com o caso norte-americano, o reforço de mecanismos ligando ciência básica à indústria necessitou um sério compromisso de recursos públicos. Estudos sobre o desenvolvimento do "complexo acadêmico-industrial" e a parte desempenhada pelo apoio governamental em diferentes países, forneceria certamente material interessante para a formulação de uma política pública de suporte à biotecnologia no Brasil.

No conjunto do sistema de produção de insumos temos pelo menos três grandes grupos de agentes econômicos: os provedores de matérias-primas de origem vegetal, animal ou outras, os provedores de bio-conversores e equipamentos de controle, purificação e elaboração final, e os provedores de enzimas ou outros agentes catalisadores. Convém sublinhar que no campo da produção de bio-conversores atualmente se desenvolve uma segunda e uma terceira geração, onde o elemento central é a capacidade de fixar as enzimas. A fixação de enzimas, de forma a imobilizá-las, permite aproveitar ao máximo os microorganismos ao mesmo tempo em que representa um avanço no sentido de permitir processos contínuos de produção.

Um dos setores industriais que será seriamente afetado pelas biotecnologias é o setor de alimentação que, fora um pequeno grupo de grandes empresas, está sendo ultrapassado pelas empresas químicas, que estão se expandindo no setor. O novo perfil do setor de alimentos nas próximas décadas apresentará um maior imbricamento entre o setor de alimentação e o setor químico, de forma a intensificar o intercâmbio e até a fusão entre estes ramos industriais. Uma ilustração breve mas sugestiva é fornecida pelo advento de novas fontes de proteínas, quer baseada em hidrocarburos ou em matérias renováveis. As inovações em tecnologia de enzima, complementadas por engenharia genética, tem transformado o escopo de atividades às quais as companhias químicas têm acesso direto, no caso da proteína de célula única (Single Cell Protein) e suas implicações para os setores tradicionais de processamento de alimentos. Ao mesmo tempo, estas inovações oferecem o prospecto de uma fonte alternativa renovável ao petróleo como material base dos produtos químicos.

No setor de insumos agrícolas, uma reestruturação similar se estaria processando no sentido de uma maior concentração nas mãos da indústria química do setor de insumos agrícolas[3]. Finalmente, cabe mencionar o desenvolvimento de um setor de indústria de equipamentos, de engenharia e eletrônica ligado em particular à produção de bio-reatores.

A tendência geral deste processo seria o incremento das barreiras de entrada no setor através de um processo crescente de concentração intra-industrial (indústria farmacêutica, alimentar e de insumos agrícolas). Dentro deste processo as grandes indústrias alimentares tenderiam a se orientar para o setor químico e vice-versa.

Os setores que a maioria dos pesquisadores concordam que a biotecnologia terá (ou já está tendo) um efeito profundo, a curto prazo, são a química fina, a agricultura e alimentação e química pesada, em especial no que se refere à sua aplicação no controle do meio ambiente.

---

[3] O caso mais espetacular é a compra sistemática das empresas produtoras de sementes pela indústria química.

As tendências na estrutura industrial seriam as seguintes:

1) a indústria química/farmacêutica/petroleira, por seu potencial financeiro e de pesquisa tenderá a se concentrar no grupo de produtos de baixo volume e alto valor e parcialmente no grupo de produtos de alto volume e valor intermediário. Trata-se de produtos que exigem grandes investimentos, usam tecnologia sofisticada, geralmente de processamento contínuo;

2) a indústria alimentícia e insumos agroindustriais ficarão no grupo de grande volume e valor intermediário, e alguns produtos do primeiro que exigem investimentos menores;

3) finalmente, dentro do grupo de tecnologia de alto volume e baixo valor poderão estar presente pequenas e médias empresas.

Trata-se obviamente, de uma tipologia geral na medida em que a reestuturação industrial atua tanto no sentido de permitir à indústria química aprofundar seu controle no setor agroalimentar como a certas (poucas) grandes empresas alimentares penetrarem no setor químico. As empresas de alimentos, embora sofram certa marginalização nos setores de ponta através das biotecnologias, poderão encontrar novos campos de expansão, em particular como produtores de matéria-prima, pela elaboração da biomassa para a indústria química. Assim, as biotecnologias tem um papel de reestruturação industrial, unificando antigos ramos industriais e criando novos.

A importância potencial da biotecnologia em reestruturar a indústria pode ser ilustrada pelo desenvolvimento de processos biológicos para converter matéria-prima renovável em material alimentador da indústria química. A glucose de fécula de milho é correntemente fornecida como um substrato, embora novas técnicas poderão permitir em breve o uso de materiais linocelulóticos menos custosos. O milho é a fonte primeira de amido, presentemente, devido à sua ampla oferta, custo relativamente baixo, sistema de comercialização estabelecido e o alto valor em óleo e alimentos protéicos que pode ser produzido a partir dos resíduos de moinhos de milho. Quer como amido ou linocelulose, a biomassa tem um grande potencial de oxiquímicos. 99% da produção corrente de químicos orgânicos dos Estados Unidos corre por conta de 100 químicos e, destes, 74% são produzidos de 5 elementos primários: etileno, propileno, benzina, tolueno e xileno. Muitos dos 100 principais produtos químicos são oxiquímicos que são ou poderiam ser produzidos por fermentação microbial com ou sem processamento químico.

O impacto dos processos biológicos existentes e novos pode ser estimulado a partir do fato de que os oxiquímicos de fontes renováveis poderiam responder por 23% da produção total de químicos orgânicos nos Estados Unidos. Além do mais, seus derivados poderiam representar outros 26%, dando assim o total geral de quase

50% dos 100 químicos principais (Ng, et al. 1983). O valor anual atual destes químicos excedia 15 bilhões de dólares em 1981. Brevemente, a microbiologia de fermentação com recursos renováveis de amido e celulose pode produzir, potencialmente, uma grande parte dos oxiquímicos e seus derivados que constituem o cerne dos estoques supridores de químicos. Atualmente, o etanol é o único oxiquímico fermentado que é competitivo com o seu correspondente industrial produzido a partir de combustíveis fósseis. Porém, as pesquisas atuais em biotecnologia e engenharia de processo podem conseguir alguns dos enormes potenciais de fermentação microbiológica na década de 90. É claro, os fatores econômicos determinarão se os processos biológicos ou sintéticos, ou alguma combinação serão escolhidos para a produção de estoques químicos específicos. No entanto, é bastante claro que a biotecnologia trará mudanças fundamentais na estrutura da indústria química e seus setores inferiores relacionados.

Na medida em que as biotecnologias avançarem teremos a eliminação crescente no complexo agroindustrial das diferenças entre o setor de insumos e maquinarias e o setor de processamento. As biotecnologias passarão de fato a atuar tanto no setor da produção como no processamento de alimentos.

As Políticas Governamentais

Praticamente todos os governos dos países avançados criaram nos últimos anos grupos de trabalhos ou comissões técnicas para analisar o impacto das biotecnologias. O quadro seguinte indica os informes principais.

PRINCIPAIS INFORMES DE PAÍSES AVANÇADOS SOBRE O IMPACTO DAS BIOTECNOLOGIAS

No mesmo período foram criados programas e centros de pesquisa tanto a nível nacional, como pelas grandes agências internacionais, conforme demonstram Bull et al. (1982).

Date	Country	Report
1974	W. Germany	DECHEMA, for BMFT: Biotechnologie
1976	Japan	MITSUI: Present and Future of Enzyme Technology
1976	U.K.	A.N. EMERY, for Science Research Council: Biochemical Engineering.
1977	Commission of the E.C.	D.G. XII: Possible Action of the European Communities for the optimal exploitation of the fundamentals of the new biology in applied research.
1978	Europe	DECHEMA organise first European Congress of Biotechnology, InterLaken, Switzerland; European Federation of Biotechnology founded.
1979	France	F. GROS, F. JACOB & P. ROYER: Sciences de la vie et société, pour le Président de la République
1979	France	J. de ROSNAY: Biotechnologies et bio-industrie .
Jan 1980	W. Germany	BMFT Leistungsplan 04 : Biotechnologie
Mar 1980	U.K.	"SPINKS REPORT" Biotechnology: report of a joint Working Party (ACARD, ABRC, Royal Society)
May 1980	Belgium	SPPS : Développements en matière de biotechnologies
Sep 1980	Canada	MILLER et al. : Biotechnology in Canada
Feb 1981	Canada	Report to Minister for Science and Technology: Biotechnology: a development plan for Canada
Feb 1981	France	J.C. PELISSOLO : La biotechnologie, demain?
Mar 1981	U.K.	Govt. White Paper : Biotechnology (response to SPINKS)
Apr 1981	U.S.A.	O. ZABORSKY : Biotechnology at the National Science Foundation
Apr 1981	U.S.A.	Office of Technology Assessment : Impacts of Applied Genetics : Micro-Organisms, Plants and Animals
May 1981	Netherlands	STT : Biotechnology : a Dutch perspective
May 1981	Ireland	NBST : Biotechnology Trends
Sep 1981	U.S.A.	Office of Technology Assessment : Project Proposal for a Comparative Assessment of Biotechnology
Sep 1981	Spain	La ingeniería genética en la biotecnología (Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial Ministerio de Industria y Energia)
Oct 1981	Japan	Report : Heading toward new Research and Development, by the Study Association for the Foundation of a Long-Term Plan for the Development of Industrial Technology
Nov 1981	UNIDO	The Establishment of an International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology (ICGEB) report of a group of experts

Date	Country	Report
Dec 1981	U.S.S.R.	Speech by Academician OVCHINNIKOV at the Annual General Meeting of the Soviet Academy of Sciences
Apr 1982	Netherlands	Programmacommissie Biotechnologie : Innovatieprogramma Biotechnologie (Chairman : Prof. R.A. SCHIPEROORT)
Sep 1982	OECD	International Trends & Perspectives in Biotechnology: A State of the Art Report by A.T. BULL, G. HOLT & M.D. LILLY

FONTE: Cantley & Sargeant, 1982, p.4.

O Governo francês criou uma empresa dedicada à engenharia genética (o G3) que engloba os esforços de três organismos públicos e o Instituto Pasteur. Além disso, pretende financiar 100% dos projetos universitários no setor das biotecnologias e 50% dos gastos de pesquisa do setor privado.

Na Inglaterra o governo de Margaret Thatcher apoiou a criação da Celtech num empreendimento conjunto com a empresa privada. A Celtech foi criada com o objetivo de que venha a produzir resultados rentáveis a curto prazo.

Além das agências orientadas para o desenvolvimento da pesquisa técnica, foram implatados programas de pesquisa para avaliar os efeitos econômicos e sociais previsíveis das biotecnologias. Entre outros, podemos mencionar o programa de "bio-society" do Forecasting and Assessment in Science and Technology (FAST), ligado à Comunidade Econômica Européia (CEE), os trabalhos realizados na OECD que culminaram no informe de Bull et al. (1982) assim como trabalhos realizados por centros universitários de pesquisa.

A intervenção do estado nos países avançados se centra tanto no campo da regulação como no da promoção das biotecnologias. No que se refere à regulação, as grandes questões são os problemas de patenteamento e de salvaguardas nas manipulações de microorganismos. O patenteamento de organismos vivos é praticamente proibido até hoje na maioria dos países, sendo que o único mecanismo de monopólio genético até agora era a produção de sementes híbridas que degeneram em sucessivas gerações. No caso da produção de microorganismos através da engenharia gené-

tica tem-se desenvolvido um debate que, de certa forma, culminou em 1981, quando a Corte Suprema dos EUA autorizou o patenteamento de um novo microorganismo. Este tema é muito atual, na medida em que a segurança do monopólio é um incentivo central para o investimento privado no setor.

O problema da segurança, do ponto de vista da manipulação de microorganismos, na atualidade não ocupa o lugar central que teve no início da década de 70 quando alguns chegaram a prognosticar eventuais catástrofes. Aparentemente as normas existentes asseguram que ao nível de laboratórios as biotecnologias não apresentam maiores perigos. Estes existiriam em maior medida ao nível da manipulação industrial massiva.

Em geral se considera que enquanto os Estados Unidos estão mais avançados no campo da engenharia genética e na maior parte dos campos da pesquisa fundamental, o Japão estaria na pesquisa da tecnologia enzimática. Nos anos 77-80 das 2.400 patentes em biotecnologias apresentadas no período, 60% foram por japoneses, 10% EUA, 5% URSS e mais 21% por países avançados, capitalistas ou não. Na maioria dos casos, com a única exceção do Japão, os informes governamentais enfatizam a necessidade de aprofundar as relações entre a pesquisa científica e sua aplicação prática[4].

A dissociação entre o sistema universitário e o sistema industrial é considerada grande na Europa, onde, embora possuindo centros de pesquisa de alto nível, não conseguiria ter maiores efeitos ao nível de aplicação tecnológica e industrial. Nos Estados Unidos esta dissociação seria menor na medida em que as forças do mercado e a alta mobilidade empresarial dos diferentes agentes permitiria uma maior associação entre indústria e universidade. Ainda assim, dar-se-ia certo desperdício de recursos pela pouca coordenação existente.

O Japão se apresenta como o país em que a coordenação dos esforços é maior devido à ação concentrada do Estado, da indústria e da universidade. Assim, em 1981, o Ministério da Indústria e Tecnologia do Japão (MITI), decidiu investir

---

[4] Esta ênfase, ao mesmo tempo, vai acompanhada do reconhecimento da importância da pesquisa fundamental e da necessidade que as universidades não se vejam totalmente dominadas pelas empresas privadas, o que, pela extensão exagerada do segredo industrial, afetaria o desenvolvimento científico.

110 milhões de dólares num programa de 10 anos dedicado à biotecnologia (excluído o campo de energia) que conta com a participação de um grupo de cinco grandes firmas químicas. A alta capacidade de mobilização simultânea de recursos financeiros e humanos (das pesquisas em biotecnologia no Japão, 70% se concentram na indústria, 25% nas universidades e 5% nos institutos de pesquisa, superando em número a França, Alemanha Federal e o Reino Unido reunidos) e a experiência secular deste país em fermentação de alimentos, são fatores centrais na posição privilegiada que ocupa.

Para finalizar esta seção, acreditamos ser útil apresentar resumidamente as conclusões principais dos diferentes informes que procuram definir as grandes linhas da política científica e tecnológica para o setor:

1) encorajar a Pesquisa e Desenvolvimento (R & D) oferecendo incentivos especiais;

2) inversões diretas do Estado em pesquisa, particularmente no campo da pesquisa fundamental e, eventualmente, a criação de empresas-laboratórios especializadas;

3) formação de pesquisadores com capacidade de trabalho interdisciplinar (bioquímica, enzimologia, microbiologia, engenharia genética e disciplinas de apoio); embora explicitamente se rejeite cursos com vocação interdisciplinar ao nível de graduação;

4) formação de bancos ou coleções de microorganismos (já existentes em vários países: EUA, Japão, Holanda e Reino Unido);

5) promover o maior intercâmbio possível entre agentes e pesquisadores ao nível nacional e internacional;

6) regulamentar as normas de segurança industrial nos laboratórios de pesquisa e nas indústrias, assim como as normas de propriedade industrial;

7) enfatizar as relações entre pesquisa fundamental, aplicada e engenharia. (Sobre a questão de se definir estritamente prioridades de linhas de pesquisa, os informes tendem a ter posições divergentes, a favor ou contra a delimitação das pesquisas de certos temas);

8) divulgar no sistema educacional primário e secundário, e no grande público, o conhecimento relativo às biotecnologias;

9) manter uma capacidade de avaliação constante dos efeitos sociais, econômicos e ecológicos da expansão das biotecnologias a nível nacional e internacional.

REFLEXOS FINAIS

Efeitos Previsíveis no Comércio Internacional

A reestruturação da produção agrícola, orientada agora pelas biotecnologias, tendo em vista a utilização da biomassa como fonte de energia, o surgimento de novas fontes de proteínas e aditivos não-convencionais e o surgimento de novas fontes de proteínas (SCP, algas, fungos etc.) permitirá eventualmente a liberação de solos orientados para a produção de cereais e leguminosas e outros comestíveis, e sua dedicação à biomassa. Este processo dependerá de vários fatores, inclusive dos avanços da biotecnologia, seja no sentido de baixar os custos da biomassa, seja no de reduzir alimentos não-convencionais a preços competitivos. O entrelaçamento destes fatores pode levar a acelerar ou diminuir o ritmo do avanço da reestruturação da produção agrícola rural.

Um segundo fator que orientará esta reestruturação será a própria orientação da pesquisa que levará a privilegiar ou não certos campos de aplicação. Assim, por exemplo, os EUA, um grande produtor de milho e importador de açúcar, tem todo interesse em substituir este último pela glucose de milho, enquanto a Europa, auto-suficiente em açúcar e deficitária em milho, não terá o mesmo processo rápido de substituição de adoçantes.

Estes efeitos da substituição de produtos causados pela crescente produção de xaropes de milho e alta fructose por tecnologia industrial de enzima nos Estados Unidos já estão afetando a produção de açúcar e as exportações do Terceiro Mundo.

Este exemplo de possíveis impactos futuros das novas técnicas de fermentação baseadas em tecnologia enzimática realça a forma pela qual a biotecnologia pode influenciar a estrutura de mercadorias e a direção do comércio mundial. De fato, a biotecnologia desenvolverá novos processos e produtos. Um segundo exemplo é aquele da "Single Cell Protein" (SCP), baseado em hidrocarburos ou em fontes de biomassa, que prometem transformar os mercados mundiais de alimentos de animais e futuramente, oferecer novas fontes de proteína para consumo humano.

Embora a previsão de tempo futuro e a magnitude destas mudanças requererem análises mais detalhadas, é bom notar que a muito a expansão recente nas exportações dos Estados Unidos tem-se concentrado em alimentos animais. Assim em 1979, a importação de soja dos Estados Unidos pelo CEE chegou à US 2,3 bilhões. O esforço consciente atualmente desenvolvido pela União Soviética para conseguir auto-suficiência em alimentos animais através da produção do SCP coloca igualmente um sério desafio às exportações de grãos alimentícios dos Estados Unidos, com os efeitos correspondentes no comércio mundial. Um estudo recente calcula que a produção atual de SCP na União Soviética chega a 1,1 milhões de toneladas e que mais da metade desta produção se baseia em fontes de matérias primas não hidrocarbônicas (Carter 1981).

As relações centro/periferia, assim como dentro do próprio centro, deverão se modificar com o avanço das bioindústrias. Obviamente que grande parte dos efeitos são ainda imprevisíveis na medida em que as biotecnologias se encontram na sua infância. Mesmo assim, alguns efeitos são previsíveis:

1) na medida em que as técnicas de produção de proteína não-convencionais avancem pode-se prever uma crescente auto-suficiência internacional no setor de carnes e, até certo ponto, de rações animais. Dentro dos países periféricos, poderão se encontrar numa posição privilegiada, como os produtores de petróleo, geralmente deficitários em alimentos que poderão transformar parte destes recursos em alimentação;

2) os novos tipos de aditivos que já estão levando a modificações no mercado mundial de alimentos, por exemplo, na tendência a substituição do açúcar por glucose;

3) uma nova forma de dependência científica e tecnológica que poderá ter efeitos distorsivos sobre as economias nacionais. Na medida em que a pesquisa biotecnológica é feita majoritariamente no centro esta se orienta no sentido das necessidades de energia e matérias primas ali existentes. A importação de patentes biotecnológicas, além dos custos financeiros decorrentes, implicará igualmente na importação de tecnologias nem sempre adequadas aos contextos sócio-econômicos dos países periféricos. Um estudo recente da CEE realça a importância potencial de transferência de tecnologia e o papel que a exportação de "equipamentos", material genético e **know-how** originários da biotecnologia européia desempenhará no financiamento das importações provenientes dos países em desenvolvimento (Cantley & Sargeant 1982);

4) novos processos de concentração, oligopolização e internacionalização do complexo agroindustrial, seja ao nível dos insumos agrícolas, seja da indústria alimentar, seja ainda da indústria química.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq, à CAPES e ao Centro de Desenvolvimento da OECD pelo apoio que permitiu a realização deste trabalho. Entre as pessoas que facilitaram a pesquisa com seu apoio, gostaríamos de agradecer, em particular, aos Srs. François Chesnais e Giulio Fossi da OECD e o Sr. Mark Cantley do Grupo FAST/CEE.

REFERÊNCIAS

ADKISSON, P.L.; NILES, G.A.; WALTER, J.K.; BIRD, L.S. & SCOTT, H.B. Controlling cotton's insect pests: a new system. **Science, 219**(4561):19-22, Apr. 1982.

BATRA, S.W.T. Biological controls in agroecosystems. **Science, 215**(4529):134-9, Jan., 1982.

BOLLINGER, H.W. **Techniques from applied botany.** New York, Academic Press, 1980.

BRADY, N.C. Chemistry and world food supplies. **Science, 218**(4575):847-53.

BULL, A.T.; HOLT, G. & LILLY, M.D. **Biotechnology, international trends and perspectives.** Paris, OECD, 1982.

BUNGAY, H.R. Overview of new biomass industries. In: Priorities in biotechnology research for international development. Washington, D.C., National Research Council, 1982.

CANTACUZÊNE, J. Science et technique aux État-Unis dans les années quatre-vingts. **Problèmes politiques et sociaux,** (402), 1980.

CANTLEY, M. & SARGEANT, K. Strategic issues for Europe. In: The longterm development and potential application of biotechnology. s.l., CEC, FAST, 1982.

CARTER, G.B. Is biotechnology feeding the Russians ? **New Scientist,** 23.04.81.

CENTRE DE RECHERCHES EN GESTION INTERNATIONALES. **Impact previsibles de development des biotecnologies sur les pays en voei de development et sur les echanges avec léurope, cas des filieres proteiques.** s.l. FAST, 1982.

CHESNAIS, F. **The impact of biotechnology on industrial processes.** Discussion paper. s.l., s.ed., 1982. (mimeo).

DICKSON, D. German firms move into biotechnology. **Science, 218**:1287-9, Dec., 1982.

DUPUIS, M. Les japonais, la science et la technologie. **La Recherche**, (121), 1981.

FAO. **Les techniques nucléaires dans la production alimentaire.** Rome, 1970.

GEBNEY, M. Fungus with everything. **Guardian**, 18.06.81.

GIBBS, D.F. **Biotechnology in the production of chemical feedstocks and derived products strategic issues and options for the European Community.** s.l. International Research and Development, 1982.

GROS, F.; JACOB, F. & ROYER, P. **Science de la vie et société.** Paris, La Documentation Française, 1979.

HARDMAN, R. A 3/5 goes on the menu, but will the publíc stomach it? **Sunday Times**, 07.06.81.

HORWICH, M. **Les multinacionales de la bioindustrie.** s.l., s.ed., 1982. (mimeo).

NG, T.K.; BUSCHE, R.M.; MACDONALD, C.C. & HARDY, R.W.F. Production of feedstock chemicals. **Science**, 219(4585):733-40, Feb., 1983.

PELISSOLO. **La biotechnologie demain?** Paris, La Documentation Françaises, 1981.

PROMOTECH. **Impacts previsibles et stratégies de dévelopment de biotechnologies et les filières agro-alimentaires européennes cas des filières protéiques.** s.l., FAST, 1982.

ROSNAY, J. de. Biotechnologies et bio-industries. Paris, La Documentation Française, 1979.

SIPEK, K. **Biotechnologies et secteurs connexes.** s.l., s.ed., 1981. (mimeo).

SIPEK, K. Biotechnologie et transformations des structures du systeme industriel. s.l., s.ed., 1982. (mimeo).

SIPEK, K. & CARRÉ, D. Mutation bio-technologies et restruturation industrielle. In: ADEFI. **Les mutations technologiques, economica.** Paris, 1981.

SPRINGHAM, B. Bugs to the oil industry's rescue. **New Scientist**, 13.05.82.

SWAMINATHAN, M.S. Perspectives in btiotechnology research from the point of view of third world agriculture. In: **Priorities in biotechnology research for international development.** Washington, D.C., National Research Council, 1982.

WORLD BANK. Alcohol production from biomass in the developing countries. Washington, 1980.